ISSN 0135-3500. Зап.Санкт-Петербургского горного ин-та. 1993. Том 137

УДК 553.3/4:553.2:553.411

А.Д.ЩЕГЛОВ

МОДЕЛИ ЭНДОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КАК ОСНОВА ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ НОВЫХ РУДОПРОЯВЛЕНИЙ И РУДОНОСНЫХ ПЛОЩАДЕЙ

Рассматриваются вопросы создания моделей рудных месторождений для промышленной оценки новых рудопроявлений, выявленных при поисковых работах. Подчеркивается важность их создания в связи с новым законом „О недрах", регламентирующим продажу рудоносных площадей. Намечаются главные „составляющие" моделей месторождений, имеющие прикладное значение. Приводятся примеры.

Одной из важных особенностей геологической школы Петербургского горного института и в первую очередь кафедры геологии месторождений полезных ископаемых является глубокое познание теоретических вопросов генезиса месторождений в тесной связи с решением прикладных задач. Такой характер подготовки молодых специалистов накладывал особый отпечаток на всю их дальнейшую работу, что нашло свое наиболее яркое воплощение в деятельности выдающихся выпускников института, среди которых в первую очередь могут быть названы имена А.П.Карпинского, К.И.Богдановича, Д.В.Наливкина, С.С.Смирнова, Ю.А.Билибина, П.М.Татаринова и многих, многих других. Эта особенность не утрачена и в настоящее время и стала своего рода хорошей традицией, закладывающей прочный фундамент научных и практических знаний новых поколений геологов. Именно поэтому, ставя своей главной целью подчеркнуть это важное направление в многолетней деятельности кафедры геологии месторождений полезных ископаемых в связи с 90-летием со дня ее образования, автор выбрал тему данной статьи.

Закон „О недрах" и модели рудных месторождений

21 февраля 1992 г. Президент Российской Федерации Б.Ельцин подписал Закон Российской Федерации „О недрах"[x], регулирующий отношения, возникающие в процессе изучения, использования и охраны недр территории России. Этим законом, по-существу, ликвидируется единая, стройная система геологической службы страны, существовавшая ранее и создавшая за годы своей деятельности достаточно прочную базу минерального сырья, которая обеспечивала развитие промышленности и сельского хозяйства государства.

[x] Закон Российской Федерации „О недрах" / Верх.Совет РФ. М., 1992.

С момента вступления закона в силу особую роль в развитии геологических работ будут играть республиканские, краевые, областные и автономные образования в составе России, в компетенцию которых переходят вопросы организации геологических исследований, предоставление недр в пользование, определение форм и размеров платы за добычу полезных ископаемых, условий и порядка пользования месторождениями и другие вопросы. Законом предусматривается выдача (продажа) лицензий на право разработки месторождений, при этом подчеркивается, что разведка месторождений полезных ископаемых финансируется за счет средств предприятий, получивших лицензии на право их разработки.

В таких новых, "рыночных", условиях проведения геологических работ в стране совершенно особое значение должна приобретать оценка масштабов месторождений на стадии съемочных и поисковых работ, так как это непосредственно связано с вопросами продажи лицензий как на проведение работ по геологическому изучению недр, так и на разработку месторождений полезных ископаемых. От правильной предварительной оценки перспектив территорий и новых объектов, выявленных на стадии поисковых работ, зависят размеры платы за лицензию и в конечном счете характер проведения конкурсов и аукционов на право пользования недрами. В последних могут участвовать субъекты предпринимательской деятельности независимо от форм собственности, в том числе юридические лица и граждане других государств. Иными словами, оценка территории и отдельных объектов (месторождений) приобретает в настоящее время особое значение, так как связана непосредственно с пополнением (увеличением) государственного бюджета за счет продажи лицензий на аукционах по максимальным ценам.

Для эндогенных рудных месторождений оценка их масштабов прежде всего, на наш взгляд, связана с разработкой достоверных моделей промышленных типов месторождений и установлением критериев возможных размеров экспертируемых объектов. Это очень важная задача, так как в условиях рыночных отношений она должна влиять на размеры платежей за пользование недрами и предоставление геологической информации. Таким образом, геологические работы по оценке рудоносных территорий и отдельных рудопроявлений на стадии поисковых работ приобретают не только важное экономическое значение, но, по-существу, становятся элементом государственного контроля за рациональным использованием недр и определяют масштабы платежей за пользование недрами и выдачу лицензий. В этом плане закон "О недрах", подписанный Президентом России, ставит перед геологами страны новые задачи, а разработка моделей месторождений для оценки перспектив новых объектов, выявленных на стадии поисковых работ и при геологической съемке, становится своего рода государственной задачей, имеющей не только большое теоретическое, но в первую очередь - прикладное (экономическое) значение.

Модели месторождений и оценка новых рудопроявлений и площадей

В общем случае «модель» - это описание (схема) какого-либо геологического явления (месторождения), это своего рода «образец» этого явления, отражающий наиболее характерные его особенности. Применительно к месторождению это может быть не только описание, но и графическое изображение, выполненное на плоскости или в пространстве. В этом случае, очевидно, более правильно говорить о моделях месторождений, принадлежащих той или иной формации, а не о геолого-генетических моделях рудных формаций [1, 9].

В последние годы в нашей стране и за рубежом много сделано для создания обобщенных моделей месторождений. Особенно интересные исследования в этом направлении принадлежат новосибирской школе геологов-рудников [1, 3]; как важную часть прикладной металлогении рассматривает исследования по созданию моделей рудных месторождений А.И.Кривцов [2]. Справедливо подчеркивается, что «построение общих геолого-генетических моделей эндогенных рудных формаций создает возможности локального прогнозирования скрытого оруденения и оценки глубоких горизонтов, выявления месторождений даже при ограниченном объеме информации на ранних стадиях исследований» [3, с.3].

Вместе с тем в работах отечественных геологов по созданию моделей эндогенных рудных месторождений в настоящее время большее внимание уделяется генетическим вопросам: источникам рудного вещества, составу рудоносных растворов, признакам связи оруденения с магматическими породами и т.д.

В ином плане подошли к составлению моделей минеральных месторождений канадские [8] и американские [9] геологи, осуществив характеристику типовых месторождений по конкретной, жесткой схеме, отражающей основные особенности месторождений, которые имеют в первую очередь прикладное значение. Модельное описание месторождений у канадцев [8] сопровождается обычно фотографиями текстур и структур руд, а у американских исследователей графическими моделями - схемами месторождений. Эти работы [8, 9] представляют значительный интерес для отечественных геологов-рудников, и приходится сожалеть, что они знакомы все еще ограниченному кругу исследователей нашей страны.

Создание геолого-генетических моделей эндогенных рудных месторождений должно быть основано на выявлении их принадлежности к определенным рудным формациям, отдельные представители которых характеризуются крупными и особо крупными (уникальными) промышленными параметрами. Ранее нами подчеркивалось, что понятие «рудная формация» содержит большую информацию прикладного характера [6]. Отмечалось, что каждая рудная формация, объединяющая группу родных минеральных образований, имеет определенное промышленное значение, а наиболее крупные по масштабам представители промышленных рудных формаций являются эталонными, на примере которых и следует с учетом всех их особенностей составлять модели наиболее типичных месторождений

конкретных рудных формаций. Нами под «рудной формацией» понимается естественное сообщество рудных образований, объединяемых между собой сходными парагенетическими ассоциациями главнейших рудных минералов и тектономагматическими условиями проявления (тектоническим режимом), а также близкими особенностями развития рудного процесса (стадии минерализации, глубины и температуры образования руд, околорудные изменения и др.). Рудные формации не могут быть конвергентными [6].

Конструирование геолого-генетических моделей должно быть подчинено двум главным задачам: с одной стороны, должен быть наиболее объективно воспроизведен процесс образования месторождения, а с другой, на основе этого образа выявлены критерии проявления наиболее крупных месторождений, которые должны учитываться (использоваться) при оценочных работах новых объектов (рудопроявлений) на стадии прогнозных и поисковых работ.

Модель рудного месторождения в общем случае должна представлять обобщенную характеристику наиболее типичного представителя конкретной рудной формации, объекты которой имеют крупные промышленные параметры.

Для такой обобщенной модели наиболее типичного представителя (месторождения) конкретной рудной формации, имеющего значительные промышленные масштабы, особенно важно установление характерных диагностических признаков месторождений и локальных закономерностей их размещения, в совокупности обуславливающих не только проявление оруденения, но и его промышленные размеры и позволяющих на научной основе определять возможную ценность объекта в стоимостном выражении. Среди таких особенностей наиболее важны: тектономагматические условия проявления оруденения (особенности тектонического режима, которые предопределяют формирование месторождений конкретной рудной формации); связь с магматическими породами и локальными тектоническими структурами; характер и масштабы рудовмещающих полостей (особенности структуры месторождений); контрастные минеральные ассоциации и особенности их проявления (стадии минерализации); явления горизонтальной и вертикальной зональности; характерные околорудные изменения; строение тектоносферы района месторождения. Все эти признаки взаимосвязаны и в совокупности определяют масштабы месторождений, но среди них особое значение для оценки промышленных параметров оруденения имеют характер рудоносных локальных структур, стадийность образования месторождений и явления зональности; анализ последних позволяет рассматривать перспективы оруденения на глубину и его возможные масштабы.

Следует иметь в виду, что даже при установлении всей гаммы диагностических признаков крупных месторождений конкретных рудных формаций их повторение (наличие) на новых объектах далеко не всегда свидетельствует о выявлении крупного промышленного месторождения. В этом состоит одна из сложных загадок геологической природы: при одинаковых (сходных) геологических особенностях месторождений (рудопроявлений), близких структурных условиях локализации и минеральных составах промышленные масштабы рудных образований оказываются, как правило, существенно различными. Это обстоятельство в еще большей степени подчеркивает важность исследования рудных

месторождений с целью выявления причин и критериев проявления наиболее крупных по масштабам месторождений в структурах земной коры. И в этом направлении в последние годы получен определенный новый фактический материал, который может быть использован при прогнозе масштабов оруденения.

Прежде всего это связано с тем, что среди эндогенных рудных месторождений выделяют два крупных класса: коровые и мантийные, причем последние, как правило, представлены крупными промышленными объектами. Это относится, в частности, к оловянным и вольфрамовым месторождениям, которые вплоть до последнего времени считались только коровыми рудными образованиями. Установлены признаки мантийных рудных месторождений [7, 10]. Так, например, для мантийных оловянных и вольфрамовых месторождений наиболее характерны следующие особенности: проявление в областях послескладчатой консолидации, на срединных массивах и платформах в связи с процессами тектономагматической активизации консолидированных структур субстрата; связь с интрузивно-вулканогенными приповерхностными формациями умеренно кислых и кислых пород, протяженными поясами даек сложного, но в основном кислого состава; формирование в несколько стадий минерализации (в том числе продуктивных) с широким развитием поздних полиметаллических, халцедоновых и карбонатных (с Hg, Sb) стадий. Очень характерно медное оруденение. Сопровождающие маркирующие элементы в рудных минералах и турмалинах: хром, титан, кобальт, никель, ванадий. Изотопный состав близок к метеоритному. Важно отметить особенности строения тектоносферы: помимо блокового строения, она характеризуется уменьшенной мощностью континентальной коры при поднятом базальтовом слое и границе Мохо. Под рудными месторождениями (районами) фиксируются валообразные поднятия мантии [4, 7].

Более детально особенности подобных мантийных месторождений, позволяющие сконструировать их модель, проиллюстрируем на примере месторождений сульфидно-вольфрамовой формации. Эти месторождения представлены во многих рудных провинциях, как правило, крупными промышленными объектами; они имеют многие черты сходства, несмотря на то, что залегают в различной геологической обстановке, среди разных пород и имеют возраст от протерозоя до кайнозоя включительно. Следует отметить, что для месторождений данной формации не устанавливается четкой зависимости их геологических и генетических особенностей от возраста формирования. К данной рудной формации относятся такие известные сульфидно-вольфрамовые месторождения, как Джида (J_2), Букука (J_3) и Белуха (J_3) в Забайкалье, Бурен-Цогто и Их-Хайрхан в Монголии (K_2), многие месторождения вольфрамового пояса Цаянси в Юго-Западном Китае (K_2), Панашкейра в Португалии (P-T), Хэтчес-Крик в Австралии (Pt) и др. К этой же формации принадлежат и многие крупные скарновые сульфидно-шеелитовые месторождения, которые рассматриваются нами как проявление месторождений формации в условиях карбонатной среды. В эту группу входят месторождения „Восток 2" и Лермонтовское в Приморье (K), Агылки в Якутии (J-?), Санг-Донг в Южной Корее (K_2), Флэт-Ривер и Кантунг в Канаде (K), Тырныауз на Кавказе (K-P) и др. Все эти месторождения, несмотря на проявление в различные геологические эпохи, в разной кон-

кретной для каждого региона геологической обстановке, объединяют многие общие характерные черты формирования, позволяющие составить общую схему (модель) крупного сульфидно-вольфрамового месторождения. Главнейшими составляющими этой модели являются следующие:

I. Проявление месторождений в послескладчатый период развития региона в связи с процессами тектономагматической активизации.

2. Связь с малыми интрузиями кислых гранитов, отчетливо приуроченных к зонам разломов, и ассоциация с роями даек разного состава.

3. Приуроченность рудных тел обычно к протяженным трещинам скола; штокверки. Линейные скарновые зоны.

4. Многостадийный характер развития рудного процесса с неоднократным проявлением продуктивных кварц-сульфидно-вольфрамовых стадий. Широкое развитие в рудах халькопирита. Наличие руд поздних стадий, представленных халцедоновидным кварцем с флюоритом и рудными минералами.

5. Горизонтальная и вертикальная рудная зональность; обычно пульсационная: обратная и прямая. Зональность обусловлена локализацией руд различных стадий в различно развивающихся рудовмещающих трещинах.

6. Строение тектоносферы района месторождения: уменьшенная мощность гранитного слоя, диапиры мантии, зоны разуплотнения.

Шесть этих „модельных" признаков в совокупности характерны для крупного месторождения сульфидно-вольфрамовой формации. Они различны по своему значению. В прикладных целях для оценки перспектив выявленных рудопроявлений на стадии поисковых работ наиболее важны признаки 2, 4 и 5. Особое внимание следует уделять выявлению стадийного характера оруденения и тесно связанным со стадийностью проявления минерализации вопросам зональности.

Обычно месторождения формации образуются в несколько стадий [5, 7]. Наиболее ранней на некоторых месторождениях является кварц-молибденитовая стадия, вслед за ней происходит формирование сульфидно-вольфрамовых руд; поздние стадии представлены халцедоновидным кварцем с вольфрамитом, флюоритом, киноварью и антимонитом и карбонатными жилами [5, 7]. Следует подчеркнуть, что стадии минерализации проявляются на различных месторождениях с разной интенсивностью и не всегда в полном объеме. От этого зависит состав руд месторождения и во многих случаях характер зональности.

Например, на Джидинском месторождении более ранние руды молибденовых стадий минерализации ограниченно проявляются в пределах рудоносного штока гранит-порфиров, образуя штокверк, а сульфидно-гюбнеритовые жилы, представляющие „главное оруденение", локализуются во вмещающих породах. Такое размещение руд различных стадий по отношению к гранит-порфирам отчетливо фиксирует прямую горизонтальную зональность в локализации оруденения, которую следует учитывать при оценке новых перспективных площадей. В других рудных районах молибденовые стадии проявляются, наоборот, очень интенсивно при „эмбриональном" развитии сульфидно-вольфрамовых стадий. В таких случаях возникают собственно молибденовые месторождения, которые по всем своим признакам, однако, сопоставимы с первыми стадиями, фиксируемыми в месторождениях „джидинского" типа. К подобным месторождениям молибдена относят-

ся, по нашему мнению, известные месторождения Клайлекс и Гендерсон в США, а в России - Тырныауз; в последнем развитие молибденовой и вольфрамовой стадий минерализации, однако, происходит в карбонатной среде к примерно с одинаковой степенью интенсивности.

Следует отметить, что шеелитовая минерализация в месторождениях сульфидно-вольфрамовой формации проявляется только в условиях их локализации в карбонатной среде или среди гранодиоритов и основных пород. В этом отношении показательно протерозойское месторождение Хэтчес-Крик в Австралии, где медно-сульфидно-вольфрамитовые жилы локализуются в кислых вулканитах, а кварц-сульфидно-шеелитовые - в габбро-габбро-диоритах.

В случае проявления сульфидно-вольфрамовых месторождений в карбонатной среде последовательность проявления стадий минерализации в главной своей тенденции остается прежней. Например, на месторождении «Восток-2» в Приморье, где оруденение наложено на скарны, устанавливаются следующие стадии минерализации: грейзеновая апатит-слюдисто-шеелитовая с арсенопиритом; кварц-сульфидно-шеелитовая; шеелитовая с халькопиритом, пирротином, сфалеритом и др.; карбонатная. Сходная схема проявления стадий отмечается и на месторождении Санг-Донг в Южной Корее, где, однако, более ранним является кварц-молибденитовое (с шеелитом) оруденение. По характеру проявления оруденения к месторождению «Восток-2» очень близко месторождение Флэт-Ривер в Канаде, которое представляет собой крупную скарновую залежь с массивными шеелит-халькопирит-пирротиновыми рудами, образовавшимися в три стадии: скарновую, кварц-шеелитовую и сульфидно-шеелитовую. Такие скарновые месторождения по особенностям развития рудных процессов очень сходны с жильными гидротермальными кварц-сульфидно-вольфрамитовыми месторождениями и их следует рассматривать в составе одной сульфидно-вольфрамово-рудной формации. Эту особенность проявления оруденения следует учитывать при оценке рудных районов, в разрезе которых картируются карбонатные породы.

В небольшой статье невозможно остановиться на всех деталях и примерах, показывающих значение моделей месторождений для оценки перспектив рудоносных территорий. Выше были затронуты только некоторые вопросы на примере месторождений только одной формации. При этом подчеркивались аспекты, имеющие прежде всего прикладное значение. Конечно, для построения моделей месторождений важны объективные данные о температурах образования промышленных типов руд, их структурах и текстурах, элементах-примесях и т.д., однако эти сведения несут прежде всего информацию о «тонких» особенностях генезиса месторождений. Для предварительной оценки месторождений некоторых формаций большое значение имеет информация, получаемая при анализе текстурных особенностей руд. Это прежде всего относится к эпитермальным месторождениям и, в частности, месторождениям золото-серебряной формации, где текстуры руд являются хорошими индикаторами глубины эрозионного среза, а главное - принадлежности оруденения к определенному типу месторождений.

Совершенно очевидно, что обобщенные геолого-генетические модели месторождений наиболее важных в прикладном отношении рудных формаций должны использоваться при оценке промышленных масштабов рудопроявлений и месторождений, открытых при съемочных и поисковых работах [2, 3]. От достоверной оценки перспектив рудоносности территорий должна во многих случаях зависеть стоимость лицензий и размеры платежей за право пользования недрами, которые будут образовывать внебюджетный фонд, используемый для финансирования научно-исследовательских и других работ. В новых сложных условиях развития страны теоретические в прошлом исследования по созданию моделей рудных месторождений приобретают новый смысл и непосредственно должны влиять на решение важнейших вопросов, связанных с определением масштабов отчислений на воспроизводство минерально-сырьевой базы, создание государственного фонда финансирования региональных и научно-исследовательских работ, связанных с геологическим изучением недр, поисками и оценкой месторождений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Генетические модели эндогенных рудных формаций. Новосибирск: Наука. Т. 1, 1983, 184 с. т.2, 1983, 176 с.

2. Кравцов А.И. Прикладная металлогения. М.: Недра, 1989. 288 с.

3. Рудообразование и генетические модели эндогенных рудных формаций. Новосибирск: Наука, 1988. 344 с.

4. Соловьев В.В., Шеглов А.Д. Особенности структуры верхней мантии Юго-Востока СССР и минерагения // Геодинамика и развитие тектосферы. М.: Наука, 1991. С.161-170.

5. Стадийность минерализации и зональность гидротермальных месторождений. М.: Наука, 1979. 332 с.

6. Шеглов А.Д. О практическом значении понятия „рудная формация" // Эндогенные рудные формации Сибири и проблемы рудообразования. Новосибирск: Наука, 1986. С.41-47.

7. Шеглов А.Д., Говоров И.Н. Нелинейная металлогения и глубины Земли. М.: Наука, 1985. 324 с.

8. Canadian mineral deposit types: a geological synopsis. Geol. Survey of Canada. Economic Geology. Report 36.1984.86 p.

9. Mineral Deposit Model. U.S. Geological Survey. Bull.1693.1986.389 p.

10. Shcheglov A.D. Tin deposit and the mantle //Global Tectonics and Metallogeny.1991.V.1.N.1-2.P.69-74.